

天井板の連結構造が大惨事をまねいた — 笹子トンネル事故再考 —

西山 豊

(大阪経済大学情報社会学部, 数学)

2016年1月20日

2012年12月2日、中央自動車道上り線の笹子トンネル内で345枚の天井板が140mにわたって崩落し、9名が死亡、2名が負傷するという大惨事が起こった。私は、この事故は自然災害ではなく設計ミスによる人災であることを指摘し、科学者の社会的責任について言及した[1]。

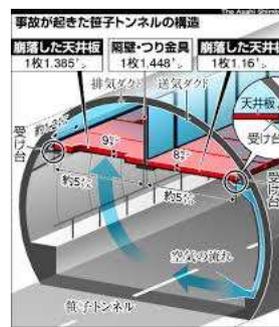
この事故の遺族が中日本高速道路と子会社に総額約9億1千万円の損害賠償を求めた訴訟で、横浜地裁は2015年12月22日、計4億4371万円余の支払いを2社に命じる判決を言い渡した。裁判長は、天井板をつり下げる天頂部分のボルトや接着剤が経年劣化し、天井板が落ちたと認定。会社側の点検について「甚だ不十分だった」と過失を認めた[2]。維持点検が不十分であることが認められたことは評価すべきであるが、天井板を設計あるいは施工した会社の責任が不問にされていることに、私は違和感を覚えた。

確かに、天井板崩落はトンネルの天頂部に取り付けられたアンカーボルトの抜け落ちが原因である。1本のアンカーボルトが抜けると、それにぶら下がっている隔壁板が落下する。そして、隔壁板につながる送気ダクト側のA板、排気ダクト側のB板の2枚が落下する。これらを天井板と呼ぶことにすると、1本のアンカーボルトが抜け落ちることにより、3枚の天井板が落下することになる。ところが3枚の天井板が落下しただけではなく、345枚の天井板が崩落したのである。

マスコミで報道されたトンネル内の天井板の構造は図1のようなものが多い。隔壁板には2枚の天井板が連結されているので、アンカーボルトが抜け落ちると3枚の天井板が落下することになる。すべてのアンカーボルトが同一時刻に抜け落ちることにはない。アンカーボルトの不具合の度合いによって必ず時間差があるもので、この図から345枚が落下する説明がつかない。



(1) 産経新聞



(2) 朝日新聞

図1. マスコミ報道による天井板の構造

ほとんどの人に知られていない事実は、これから説明するように、すべての天井板が連結されているということである。

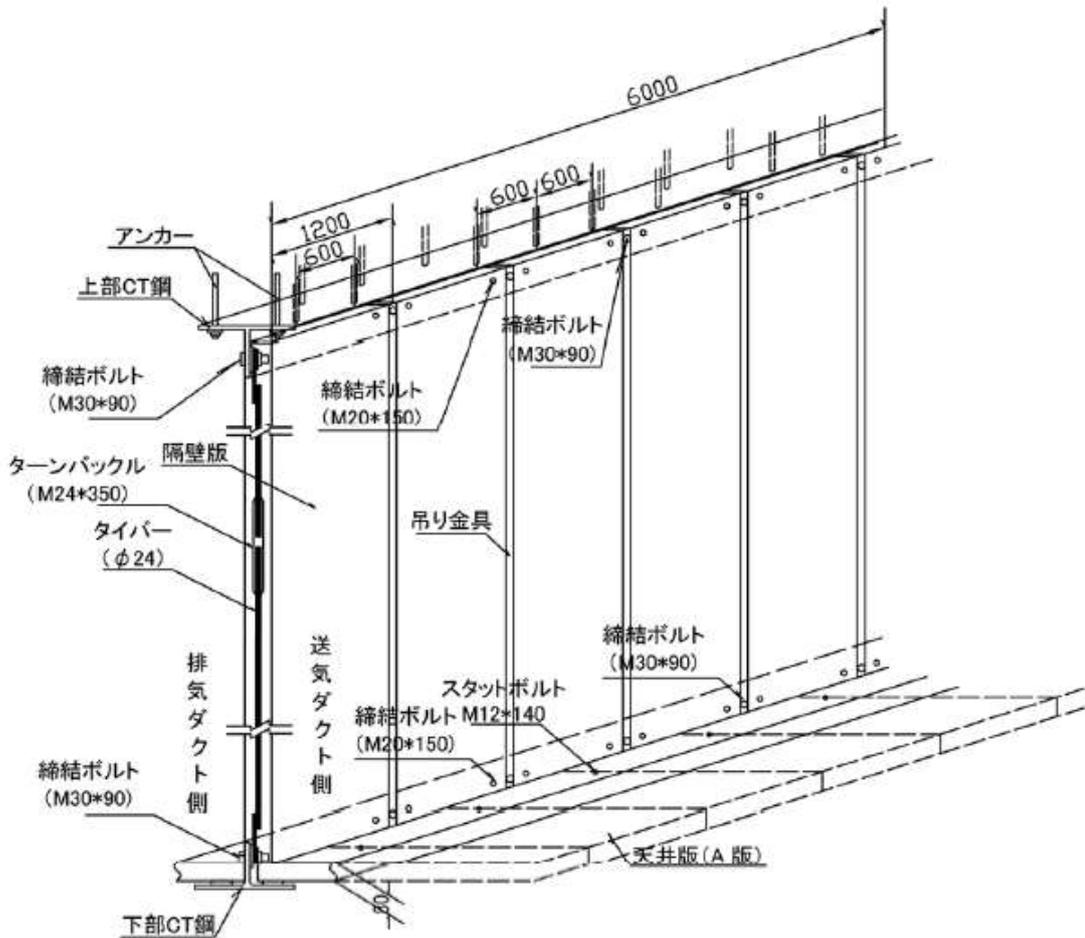


図 2. 国土交通省による天井板の構造[3]

天井板の連結は、二段階においてなされている。

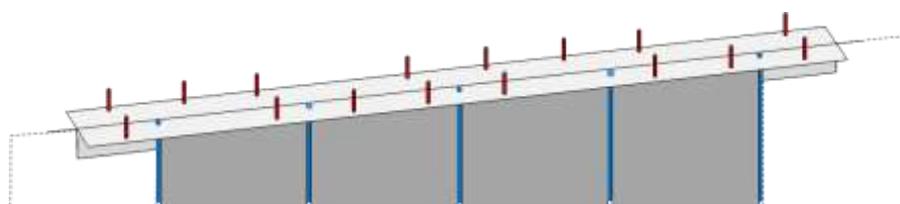
第一段階は、隔壁板と天井板 2 枚の合計 3 枚を 1 組とすると、5 組 (15 枚) が 1 セットになっていることである。隔壁板はトンネル天頂部に直接、取り付けられてはいない。天頂部には 6m の上部 CT 鋼 (カットされた T 形の鋼材) が、図 2 に示すように 16 本のアンカーボルトで取り付けられている (アンカーボルトの配置については後述する)。この CT 鋼に 5 枚の隔壁板と 10 枚の天井板の合計 15 枚が連結されている。したがって、アンカーボルトの抜け落ちによって落下する天井板は 3 枚 (1.2m の区間) ではなく、15 枚 (6m の区間) が最小単位であるということだ。

連結の第二段階は、隔壁板を CT 鋼に対して 0.5 枚分 (60 cm) ずらすことによって行われる。国土交通省が示す図 2 は、上部 CT 鋼の手前 (左側) の隔壁の位置が不正確で読み取りにくいだが、下部 CT 鋼の隔壁板と天井板の位置関係に注目すると、これらが同期していないことに気付くはずだ。つまり、隔壁板は天井板と 0.5 枚分 (60cm) ずれている。上部 CT

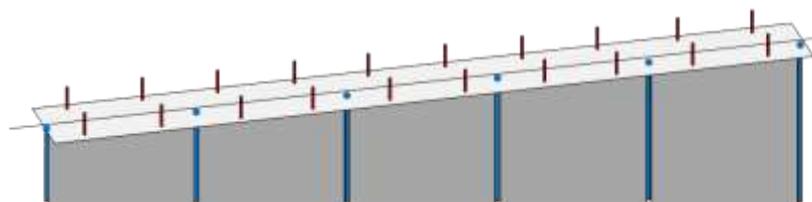
筐子トンネルに取り付けられた天井板の構造をもういちど整理すると図 6(1)となる。長さが 6m の CT 鋼がトンネル天頂部に 16 本のアンカーボルト（茶色）で取り付けられている。この CT 鋼に 5 本の吊り金具（青色）が取り付けられており、吊り金具の間に隔壁板が 4 枚ありボルトで CT 鋼に固定されている。CT 鋼の両端には隔壁板がそれぞれ 0.5 枚分（60cm）のスペースがあり、隣接する CT 鋼どうしで、1 枚の隔壁板が取り付けられる。つまり、CT 鋼は溶接されていないが、隔壁板を介してすべての CT 鋼が連結されていることになる。

1 本のアンカーボルト（茶色）が抜け落ちたとしよう。すると CT 鋼が落下し、隔壁板が落下する。隔壁板に連動する天井板が落下すると、これらの重みに耐えかねて隣接する CT 鋼を下に引っ張ろうとする負荷がかかり、隣の CT 鋼を止めている隣のアンカーボルトが抜け落ちる。アンカー→CT 鋼→隔壁→隣の CT 鋼→隣のアンカー→隣の隔壁、といった連鎖がおこり、ドミノ倒しのように天井板が落下する。

もし、天井板が図 6(2)のような構造（アンカーボルト 20 本、吊り金具 6 本）だったらどうだろうか。アンカーボルト（茶色）が抜け落ちると CT 鋼が落下するが、隔壁板 5 枚と天井板 10 枚の合計 15 枚（6m）が落下するだけで、天井板の落下はこれ以上進むことはない。アンカーボルトを 20 本にした理由は、16 本では非対称配置でアンカーボルトの負荷が不均一になるためである。



(1) 筐子トンネル（アンカーボルト 16 本，隔壁が CT 鋼をまたぐ）



(2) 安全設計（アンカーボルト 20 本，隔壁が CT 鋼に完結）

図 6. 現状と安全設計

天井板 345 枚が 140m にわたって落下した全責任をアンカーボルトの維持管理に負わせるのは無理がある。1 本のアンカーボルトで落下するのは隔壁板と 2 枚の天井板の合計 3 枚までである。天井板の落下が 345 枚になったのは、図 6(1)のように安全設計の思想がなかったからである。ひとつの災害が別の災害を引き起こさないようにすること、今日ではフェールセーフとよばれているが、このような設計思想は、設計の基礎である。L 断面区間

1235m で天井板が連結されているので、最悪の場合すべての天井板が落下するという危険性もあったが、今回は偶然に途中で落下が止まっただけである。このような危険な天井板の設計を私たちは決して行ってはならない。

事故の再発を防ぐためには、維持管理会社の責任だけでなく、天井板を設計したパシフィックコンサルタンツ、天井板の施工を担当したケー・エフ・シー（旧社名・建設ファスナー）、トンネル工事全体の元請会社の大成建設、これらのすべてを承認した日本道路公団（当時）の責任が問われるのは当然であろう。

参考資料

[1] 西山豊「笹子トンネル事故を考える—科学者の社会的責任から」『日本の科学者』2013年7月, Vol.48, No.7, 34-40

<http://www.osaka-ue.ac.jp/zemi/nishiyama/articles/jsa9.pdf> (2016年1月閲覧)

[2] 「中日本高速などに4億円余の賠償命令 笹子トンネル訴訟」, 朝日新聞, 2015年12月22日

<http://www.asahi.com/articles/ASHDK75PPHDKULOB01K.html> (2016年1月閲覧)

[3] 国土交通省「トンネルの概要」2012年12月4日, 4ページ

<http://www.mlit.go.jp/road/ir/ir-council/tunnel/pdf/4.pdf> (2016年1月閲覧)

[4] 国土交通省「トンネル天井板の落下事故に関する調査・検討委員会報告書」2013年6月18日, 4ページ（天井板の構造）, 10ページ（隔壁の落下状況模式図）

http://www.mlit.go.jp/road/ir/ir-council/tunnel/pdf/130618_houkoku.pdf (2016年1月閲覧)

外部リンク

笹子トンネルの真相を探る会 <http://e-kea.org/sasago/> (2016年1月閲覧)